Distance Protection Using Fuzzy Logic

Batool ALI*

(Received 9 / 12 / 2023. Accepted 17 / 1 / 2024)

□ ABSTRACT □

When there is a malfunction, the protection is sensitive to the malfunction. If the disconnection command is sent instantaneously, it is possible to disconnect the transmission line without a malfunction requiring disconnection. Another way to give an unconsidered time limit may lead to the malfunction continuing for a long enough period to cause damage to the equipment, so it must be determined. The exact value of the fault current that must be detected by the protection, in addition to the appropriate choice of time delay depending on the type of fault. All of these questions were the reason for our choice of fuzzy logic in controlling this protection to study the effect of this control on the performance of the protection, as some references suggest the presence of a time delay between 0 and 4.5 seconds depending on the type of fault.
The results of the research proved that the use of fuzzy logic in the control of distance protection reduced the time of absence of feed from the load.

Keywords: Distance Protection, fuzzy logic, transmission line, faults.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Master, Department of Electrical Power, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria, batoolfali95@gmail.com.**

الحماية المسافية باستخدام المنطق الضبابي

بتول علي*

(تاريخ الإيداع 9 / 12 / 2023. قُبِل للنشر في 17/ 1 / 2024)

□ ملخّص □

عند وجود عطل فإن الحماية تتحسس للعطل فإذا تم إرسال أمر الفصل بشكل لحظي من الممكن أن يفصل خط النقل بدون وجود عطل يستدعي الفصل، ومن ناحية أخرى إعطاء مهلة زمنية غير مدروسة قد يؤدي إلى استمرار العطل فترة طويلة كافية لإلحاق الضرر بالتجهيزات، لذلك لابد من التحديد الدقيق لقيمة تيار العطل الواجب اكتشافه من قبل الحماية بالإضافة إلى الاختيار المناسب للتأخر الزمني تبعا لنوع العطل، كل هذه التساؤلات كانت السبب في توجهنا لاختيار المنطق الضبابي في التحكم بهذه الحماية لدراسة أثر هذا التحكم على أداء الحماية حيث تقترح بعض المراجع وجود تأخير زمني بين 0 و 4.5 ثانية حسب نوع العطل.

أثبتت نتائج البحث أن استخدام المنطق الضبابي في التحكم بالحماية المسافية قلل زمن غياب التغذية عن الحمولة.

الكلمات المفتاحية: الحمايات المسافية، المنطق الضبابي، خط النقل، الأعطال.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **ماجستير-نظم القدرة الكهربائية- قسم الطاقة الكهربائية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية- batoolfali95@gmail.com.**

مقدمة:

يُعتبر الاستخدام المتكرر للحمايات المسافية أمراً حيوياً في نظم نقل الطاقة الكهربائية عبر الشبكات. تحتل هذه الحمايات مكانة بارزة حيث تشمل مفاتيح تشغيل ذات طابع كهروميكانيكي، مما يعني أن العملية التشغيلية ليست بشكل كامل إلكترونية. يتسبب هذا النهج في تأخير زمني غير مرغوب فيه، خاصة في سياق حماية خطوط النقل. لهذا السبب، تُعتبر الحمايات المسافية أحد العناصر الرئيسية في حماية خطوط نقل الطاقة. تعتمد هذه الحمايات في أسلوب عملها على مفهوم الممانعة، حيث تقل قيمتها عند حدوث عطل، مقارنة بالقيمة المرجعية التي تعتبر ممانعة خط النقل المحمي في حالة التشغيل الطبيعي. وتشتمل هذه الحمايات على أنواع متعددة، منها حماية المفاعلات المناسبة للخطوط القصيرة فقط، كحماية موه (Mho).

ناقش الباحث [1] السمات الأساسية للحمايات المسافية الكهروميكانيكية والتشابهية والرقمية من حيث الوظائف والمشاكل المحتملة التي قد تواجهها.

كما اقترح الباحث [2] استخدام المنطق الضبابي في تقييم مؤشر الحماية للحماية من التيار الزائد.

درس الباحث [3] الحماية المسافية في خطوط النقل القصيرة والتي تعاني من تأثرها بمقاومة العطل، وكان الحل المقترح من قبله باستخدام مطال التيار في نهاية الخط واختبر الطريقة باستخدام النمذجة في بيئة ATP–EMTP، حيث بالاعتماد على قيم التيار والتوتر قبل العطل تم التنبؤ بموقع العطل، تميزت هذه الطريقة بالكفاءة العالية كما حسنت من أداء الحماية في خطوط النقل القصيرة.

سيتم من خلال هذه المقالة دراسة تأثير تطبيق المنطق الضبابي على الحماية المسافية لتبيان مزايا ومساوئ هذا التطبيق.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن اهمية دراسة الحمايات من أنه أي عطل في المنظومة الكهربائية إذا لم يتم اكتشافه بالسرعة الكافية سيؤدي إلى تعطل أجزاء كبيرة من هذه المنظومة، بالتالي يجب التأكيد على أهمية دراسة هذه الحماية بهدف التوصل للاستخدام الأمثل لها على اختلاف انواعها.

يهدف البحث إلى تحسين دقة تحديد موقع العطل في الحماية المسافية باستخدام المنطق الضبابي.

طرائق البحث ومواده:

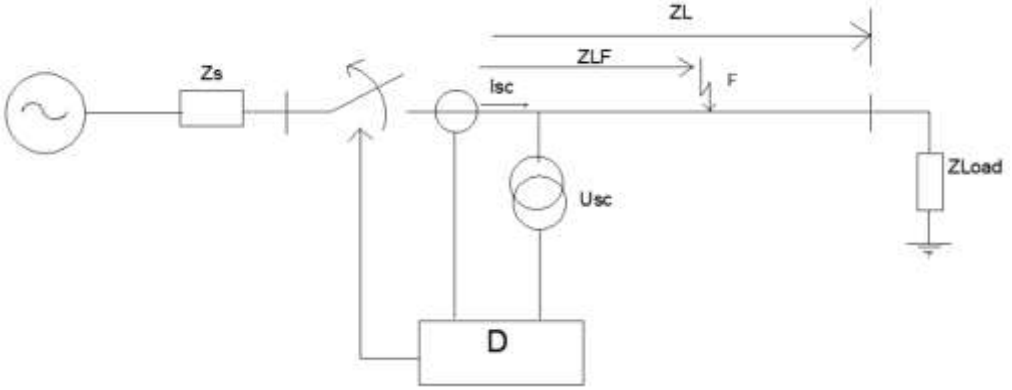
لقد اعتمدنا في البحث طريقة النمذجة والمحاكاة لجزء محدد من الشبكة متمثل بمولد وخط نقل وحمل كما استخدمنا الحماية المسافية لحماية خط النقل.

ومن أجل التأكد من تحقيق هدف البحث بدقة، تم بناء الدارة باستخدام برنامج محاكاة Matlab الأمر الذي يساعد على توضيح ميزات وسلبيات هذا الحماية في حالة دراسة شبكة مصغرة وتبيان قدرتها على تحديد مكان العطل بدقة وسرعة.

الحمايات المسافية:

زاجل المسافة، كما يوضح اسمه، لديه القدرة على كشف عطل يقع على مسافة بعيدة من مكان توضعه على خط النقل أو الكابل. كل خط لنقل القدرة له مقاومة أومية ومفاعلة ردية لكل كيلومتر من طوله متعلقة بتصميمه وبنيته لذلك فإن

ممانعته الكلية ستكون تابعا لطوله أو للمسافة. لذلك فإن زاجل المسافة يراقب التيار والجهد ويقارن هاتين القيمتين اعتماداً على قوانين أوم الأساسية، كما يبين الشكل (1). [4]



الشكل (1) المبدأ الأساسي لعمل الحماية المسافية

حيث:

Z_S تمثل ممانعة المنبع

I_{sc} يمثل تيار الدارة القصيرة المقاس عند موقع الزاجل

U_{sc} توتر الدارة القصيرة المقاس عند موقع الزاجل

Z_{LF} ممانعة العطل من موقع الزاجل وحتى نقطة حدوث العطل

Z_L ممانعة الخط المحمي

Z_{Load} ممانعة الحمل

وبشكل عام: فإن الحماية المسافية هي بالتعريف الحماية التي يتغير فها التأخير الزمني آلياً حسب بُعد مكان حدوث العطل عن مكان توضعها.

المميزات الزمنية للحماية المسافية

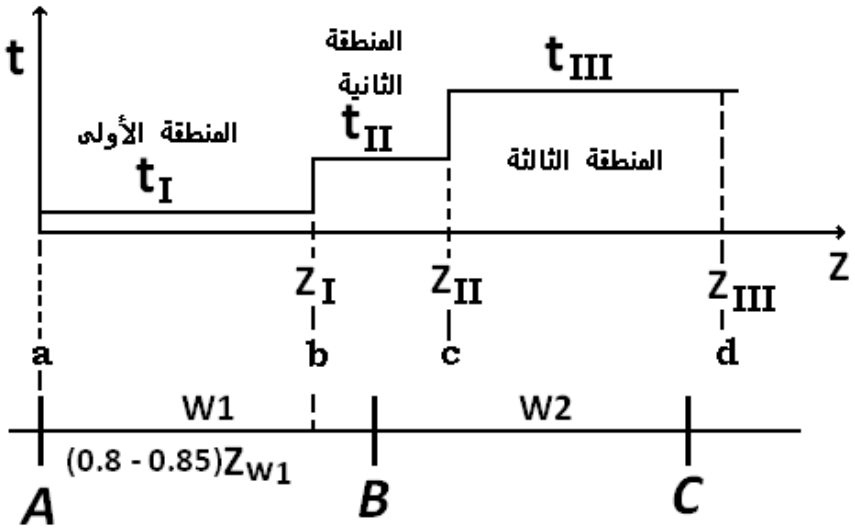
تسمى العلاقة بين التأخير الزمني للحماية المسافية والممانعة (أو المسافة) حتى مكان حدوث العطل بمميزة التشغيل الزمنية للحماية[4] ، وهناك ثلاثة أنواع للمميزات: مائلة – متدرجة – مختلطة، علماً أنه في معظم دول العالم يتم استخدام الحماية المسافية ذات مميزات التشغيل الزمنية المتدرجة.

كما هو موضح في الشكل (2) تتألف المميزات المتدرجة من عدة أجزاء (جزأين أو ثلاثة في أغلب الأحيان) والتي تسمى مناطق ZONES.

الجزء a–b يمثل المنطقة الأولى؛ الجزء b–c يمثل المنطقة الثانية؛ والجزء c–d يمثل المنطقة الثالثة. كل منطقة من هذه المناطق تتميز بالتأخير الزمني t_I, t_{II}, t_{III} الموافق لها، والذي لا يتغير ضمن حدود المنطقة.

تعمل الحماية المسافية في المنطقة الأولى عادةً بدون تأخير زمني أي $t_I=0$.

عند حدوث قصر على الجزء b–c، أي ضمن حدود المنطقة الثانية وعندما يقوم زاجل الممانعة بقياس الممانعة من ZI إلى ZII أي أكبر من ZI، فإن التأخير الزمني للحماية يزداد بشكل آلي، وستعمل الحماية عندها بتأخير زمني t_{II} أكبر من t_I.



الشكل (2) المميزات المتدرجة للحماية المسافية

وبشكل مشابه عند حدوث قصر على الجزء c–d أي ضمن حدود المنطقة الثالثة وعندما يقوم زاجل الممانعة بقياس الممانعة من Z_{II} إلى Z_{III} فإن الحماية سوف تعمل بتأخير زمني أكبر قدره t_{III}.

وفقاً لذلك كلما كانت الممانعة المقاسة إلى مكان القصر أكبر كلما عملت الحماية المسافية بتأخير زمني أكبر.

يتم تعيير المنطقة الأولى للحماية عادة على % (85 – 80) من طول الخط المحمي W1، ولا يسمح بتجاوز هذه النسبة وذلك لأنه وبسبب أخطاء محولات التيار ومحولات التوتر وأخطاء زاجل الممانعة نفسه فإن الحماية يمكن أن تعمل عند حدوث قصر على الخط المجاور W2.

المنطقة الثانية تعير لتغطي نهاية الخط W1 (ما تبقى من الخط W1) وقضبان تجميع المحطة B وجزء من الخط W2. أما المنطقة الثالثة فتعيّر لتغطي الخط W2 للاحتياط وذلك إذا فشلت الحماية المركبة عليه بالعمل.

المنطق الضبابي:

يستخدم النظام الضبابي التيار المقاس لتحديد القيمة المثالية للتيار. تقوم خوارزمية النظام الضبابي بتقدير الخرج (I_p)باستخدام متغيرين مدخلين: تيار ما قبل العطل(I_{pre}) وتغير التيار I_p .(ΔI) ، الذي كان في البداية قيمة ثابتة، يصبح متغيراً ديناميكياً ويتم تحديثه بشكل دوري[2] .

تم تطبيق منهجية نظام الاستدلال الضبابي من النوع Madmani type على هذا العمل حيث أنها تقدم الوسائل الأساسية لتصميم وحدات التحكم من خلال تجميع مجموعة من قواعد التحكم اللغوية، يتميز أنه سهل التصميم والتشغيل من قبل أي شخص ويمكن نشره بسهولة في عمليات الأنظمة المختلفة.

يوضح الشكل (3) النظام المعتمد على المنطق الضبابي في التحكم بحماية خط النقل (الحماية المسافية)، حيث تتم مقارنة ممانعة الأساس بشكل مستمر مع الخرج حتى التوصل إلى فرق ضئيل وفق المعادلات:

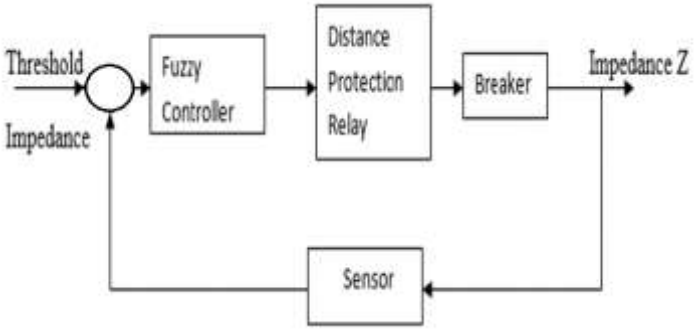
$$Z + 1 = \frac{Z_{th} - Z}{(Z_{th} - Z)old} > 0$$

$$Z + 1 = \frac{Z_{th} - Z}{(Z_{th} - Z)old} = 0$$

حيث:

Z: ممانعة الخط.

Z_{th}: ممانعة العتبة [5].



الشكل (3) خوارزمية النظام المعتمد على المنطق الضبابي

في نموذج الحماية المسافية نحن بحاجة لأكثر من قيمة إدخال:

1. التيار: وهو التيار الزائد الذي يسبب الإضرار في التجهيزات Io.
2. التوتر: متمثلا بالجهد الزائد أو المنخفضVo .

قيم الإخراج:

1. الممانعة Z: هي القيمة التي ستتم مراقبتها في هذه الحماية Zo.

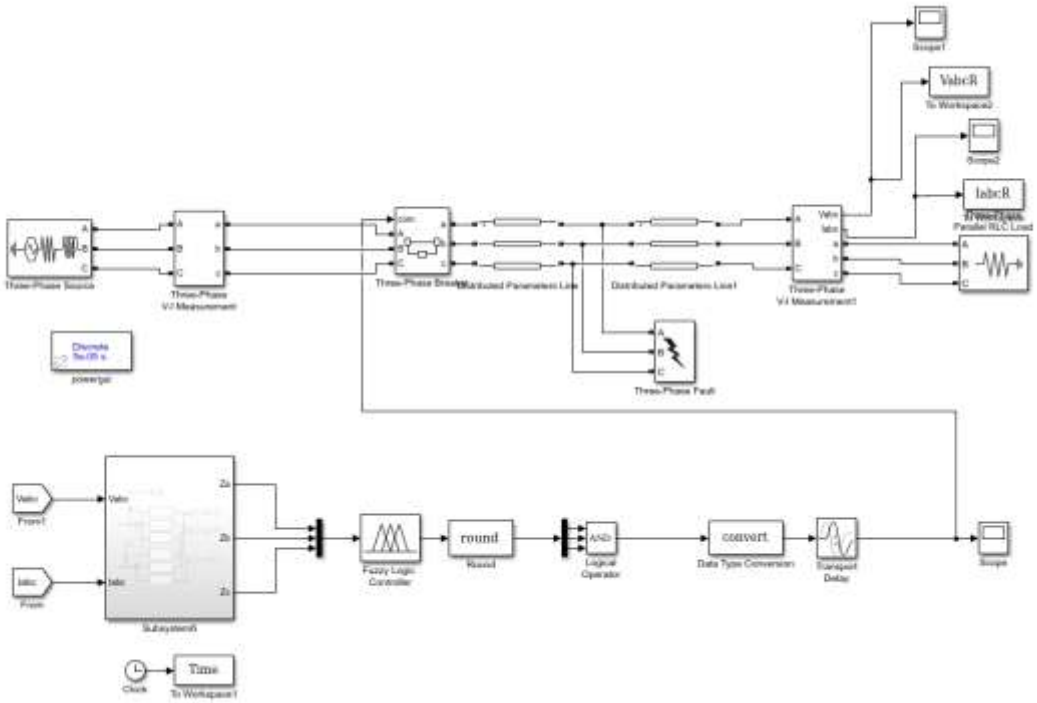
الجزء العملي:

1- النموذج الحاسوبي:

تم بناء الدارة المبينة في الشكل (4) في بيئة Matlab لدراسة الحماية المسافية عند استخدامها في حماية خطوط النقل وهي تتألف من خط نقل [5] بطول 100km مقسم إلى جزئين مع وجود منبع وحمل بالمحددات المبينة في الجدول (1)

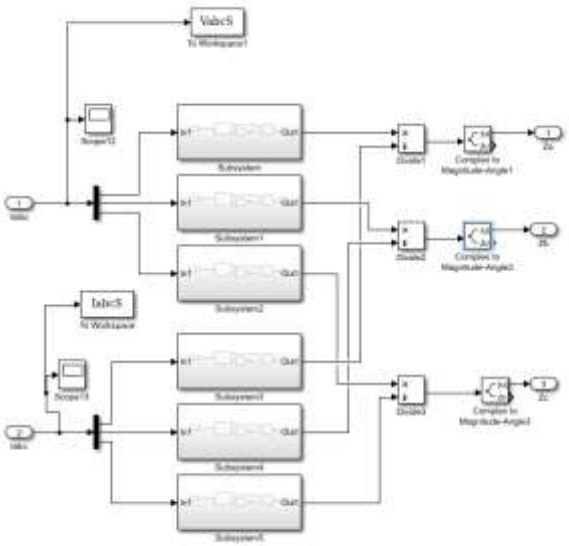
الجدول رقم (1) تعريف ومصدر الإحصائيات

	العقدة	التوتر	الاستطاعة
المنابع	1	25kV	slack Bus
الحمل	2	25kV	1MW



الشكل (4) النموذج الحاسوبي في بيئة Matlab/Simulink

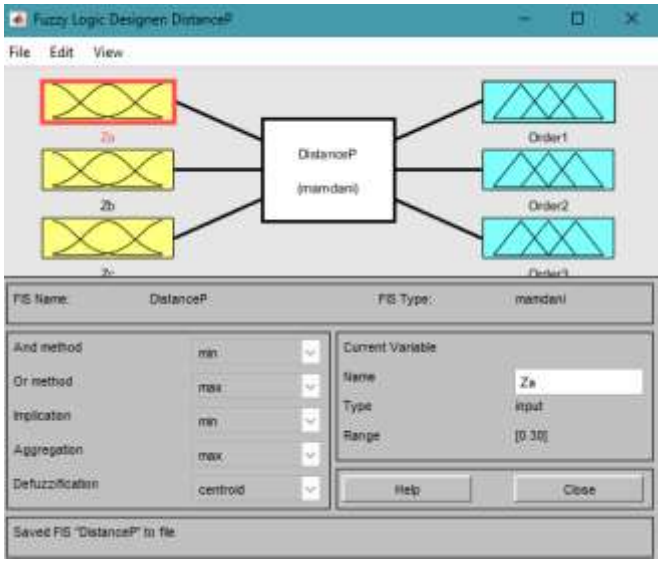
كما تم حساب قيمة الممانعة لكل طور من خلال الصندوق الموضح في الشكل (5).



الشكل (5) صندوق حساب الممانعة لكل طور

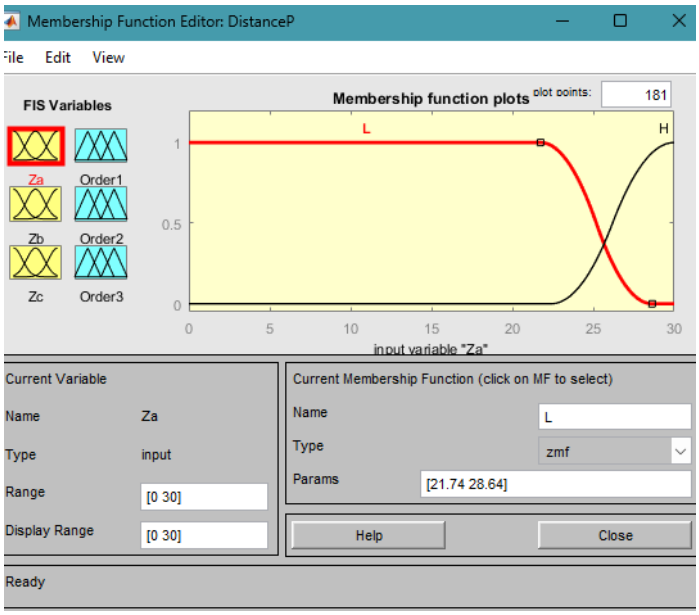
المتحكم الضبابي المستخدم:

تم تصميم المتحكم الضبابي [6, 7] بحيث يكون مداخله عبارة عن قيم الممانعات لكل طور، ومخارجه هي أمر فصل لكل طور الموضحة في الشكل (6).

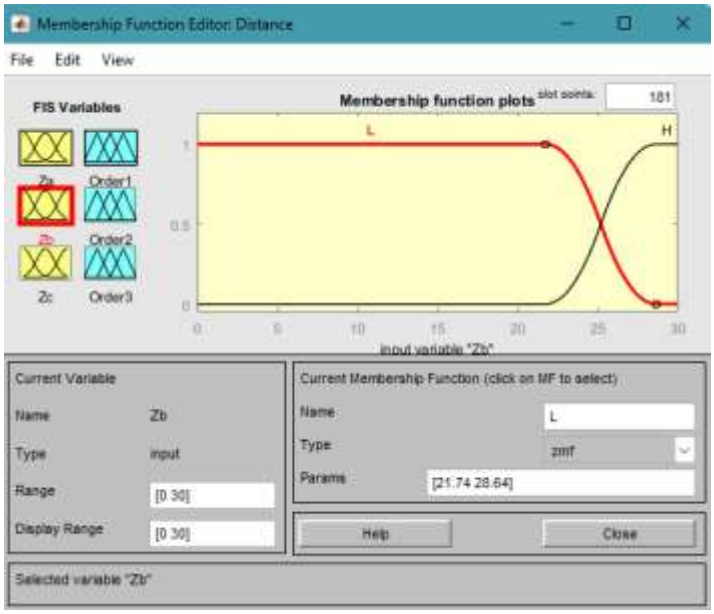


الشكل (6) الواجهة الأساسية لتصميم المنطق الضبابي

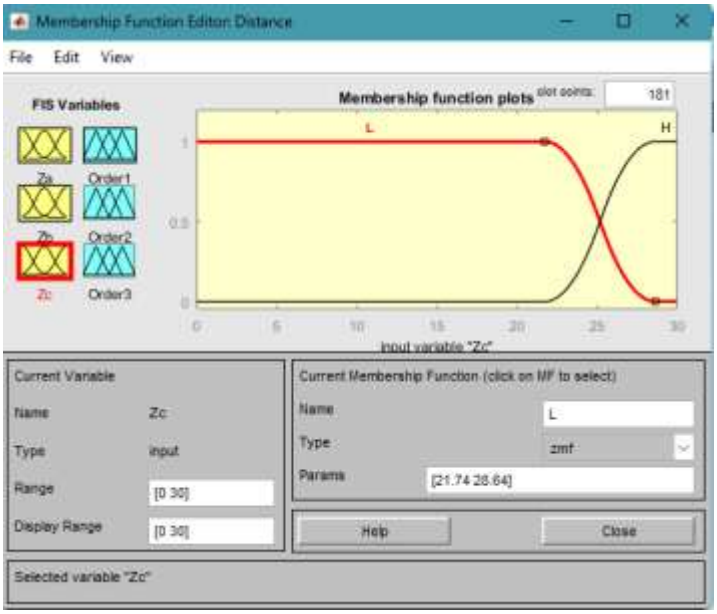
حيث تم عمل تصميم المتحكم بناءً على قيم Z المعلومة للخط، وتم اخذ عينات عشوائية للأعطال وحساب قيم الممانعات في كل حالة عطل، وبناءً عليه تم وضع مجالات لكل دخل وخرج للمتحكم كما توضح الأشكال (7, 8, 9, 10, 11,12)، وتم وضع القواعد للمتحكم.



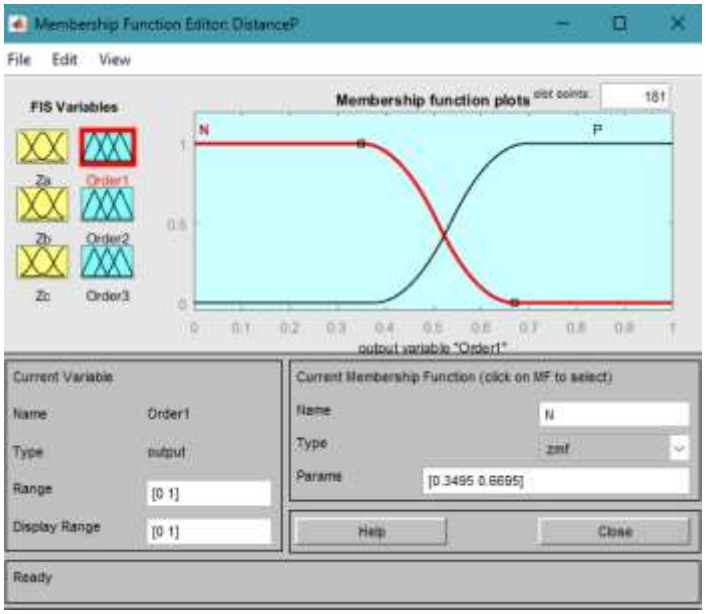
الشكل (7) مجال الدخل للممانعة Z_a



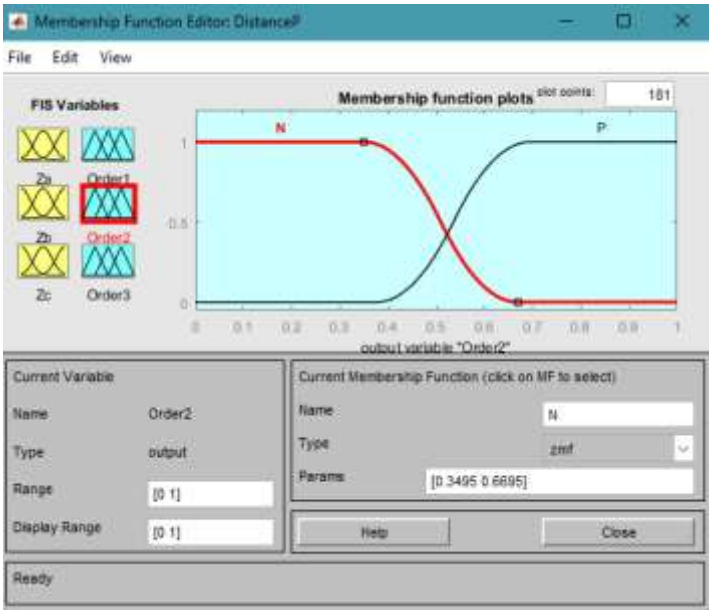
الشكل (8) مجال الدخل للممانعة Z_b



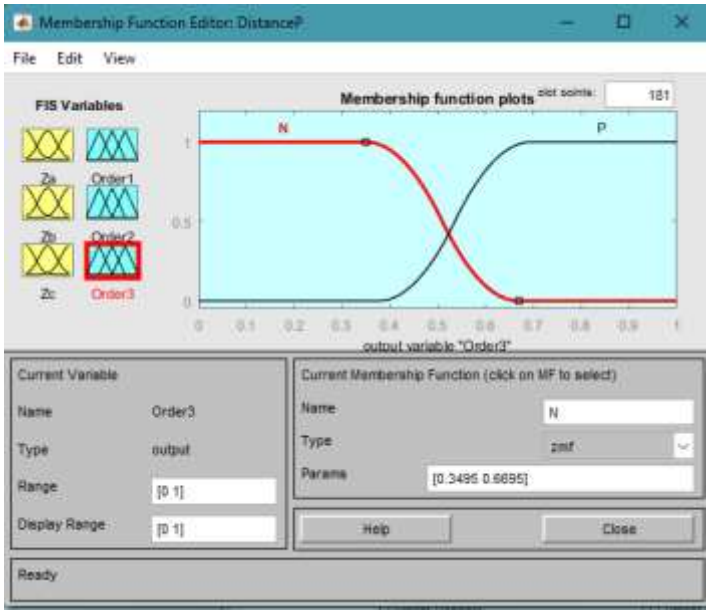
الشكل (9) مجال الدخل للممانعة Z_c



الشكل (10) مجال الخرج للأمر الأول



الشكل (11) مجال الخرج للأمر الثاني



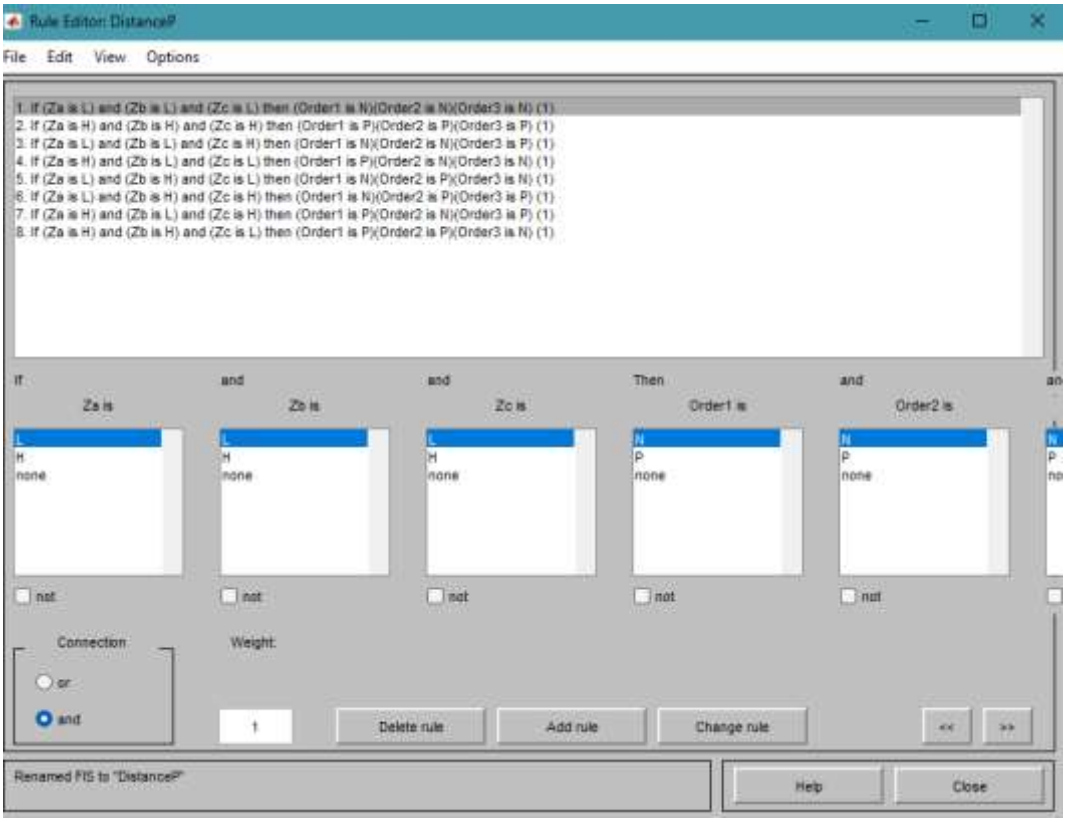
الشكل (12) مجال الخرج للأمر الثالث

وخرج المتحكم موصول على Round من أجل تقريب الخرج لأن أمر الفصل يأخذ حالة 0 أو 1، وفي حال لم يتم وضعه لن يكون هناك أمر فصل ووصل، ومن ثم تم وضع AND من أجل إذا كان أحد الأطوار عليه العطل /أو طورين أو أكثر/ يكون خرج البلوك أمر فصل التغذية، وتم وضع Data Type Conversion من أجل تحويل الأمر إلى نوع Double ، ومن ثم تم وضع Transport Delay من أجل أن يحاكي عمل معيد الإغلاق الآلي ومعير على 0,2 ثانية ،بحيث إذا تحسس أمر العطل يعطي فصل للعطل بعد 0,2 ومن ثم يعطي أمر وصل للقاطع بعد 0,2 ثانية ومن ثم يتحسس المتحكم إذا يوجد عطل أو لا.

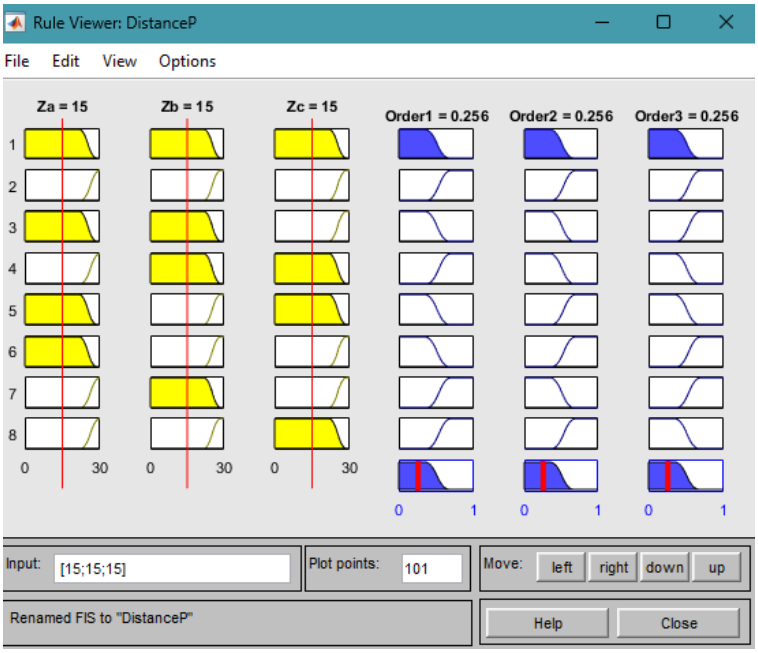
ومن خلال قيم Z المعلومة للخط، ومن خلال تجريب أنواع متنوعة من الأعطال بمسافات مختلفة على خط النقل، تم وضع القواعد الموجودة لدينا بالجدول (2)، والشكل (13) يظهر القواعد بعد إدخالها إلى المتحكم، والشكل (14) يظهر واجهة إظهار القواعد التي تم وضعها بالمتحكم الضبابي.

جدول (2)

		Protection Order
Z_a	**L**	P
	H	N
Z_b	**L**	P
	H	N
Z_c	**L**	P
	H	N



الشكل (13) قواعد المتحكم بعد إدخالها بالمتحكم



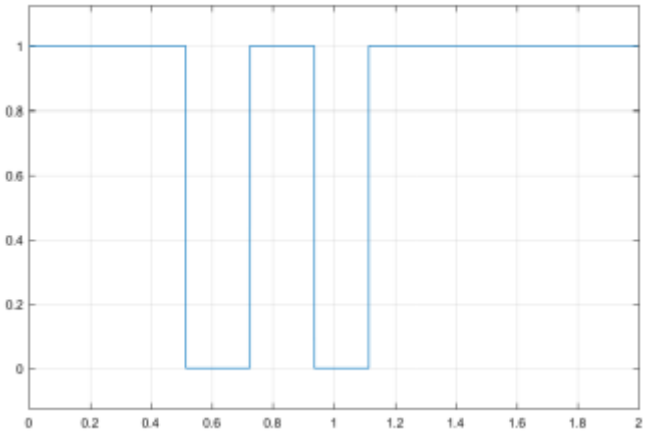
الشكل (14) واجهة إظهار القواعد

النتائج والمناقشة:

تم إحداث عطل في منتصف خط النقل أي ضمن المنطقة الأولى للتحسس للعطل الذي يفصل بدون تأخير زمني، استمر هذا العطل من اللحظة (0.9–0.3) ثانية وبناء عليه تم التحسس للعطل في اللحظة 0.3 ثانية وأخذ أمر الفصل اللحظي.

أضفنا إلى الحماية معيد الإغلاق الآلي الذي يتميز بإعادة وصل القواطع للتأكد من زوال العطل وفي حال زوال العطل يعيد الخط المفصول تلقائياً إلى العمل أما في حال استمر العطل يعود للفصل.

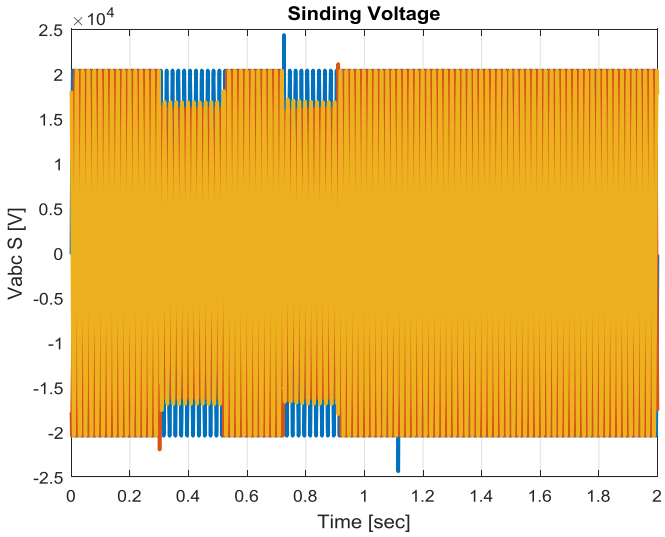
كما يبين الشكل (15) منحني عمل معيد الإغلاق الآلي حيث كان الزمن له 0.2 ثانية بالتالي أعطى أمر الفصل في اللحظة 0.5 ثانية فصل وبعد مرور 0.2 ثانية أعاد وصل القواطع كان العطل لايزال مستمر لذلك فصل القواطع مرو أخرى في اللحظة 0.9 ثانية وعند اللحظة 1.1 ثانية زال العطل فقام بإعادة توصيل خط النقل كما كان قبل العطل.



الشكل (15) منحني عمل معيد الإغلاق الآلي

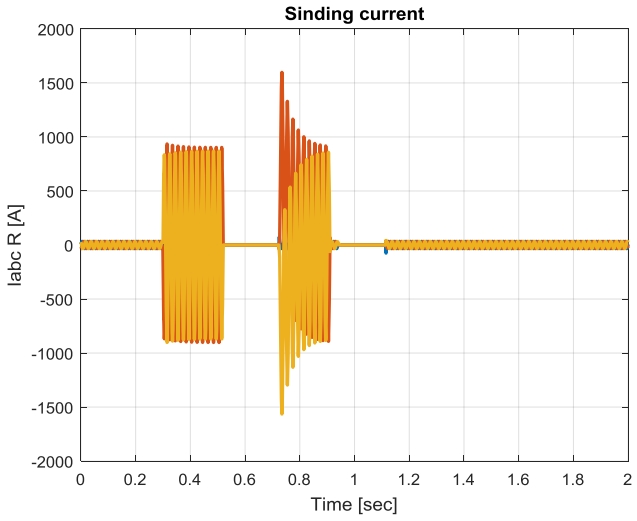
من جهة المنبع:

بالنسبة للمنبع نلاحظ من الشكل (16, 17) انخفاض بالتوتر وزيادة بالتيار عند حدوث العطل في اللحظات التي سيتحسس فيها للعطل، واستجرار التيار الكبير في الشكل (17) هو عبارة عن تغذية تيار العطل وهنا تكمن أهمية استخدام الحمايات في التخلص من هذا الاستجرار الزائد، والتأخر في فصل العطل يعود إلى التأخير الزمني الذي وضعنا في معيد الاغلاق الآلي الذي أعطى أمر الفصل بالزمن 0.5 ثانية.



الشكل (16) توتر المنبع

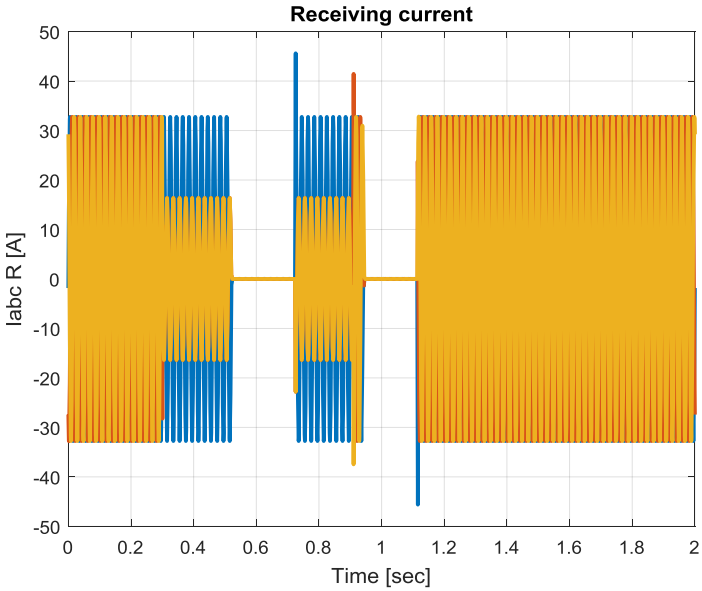
تبين لنا الأشكال أن خط النقل قادر على العودة إلى حالة العمل النظامي بعد غياب العطل في الزمن (2–1.1) ثانية تماماً كما كانت الحالة قبل العطل في الفترة (0.3–0) ثانية، وهذا ما ينطبق على التوتر والتيار على حد سواء، رغم أن تيار العطل كان 1500A كقيمة أعظمية في اللحظة 0.7 ثانية.



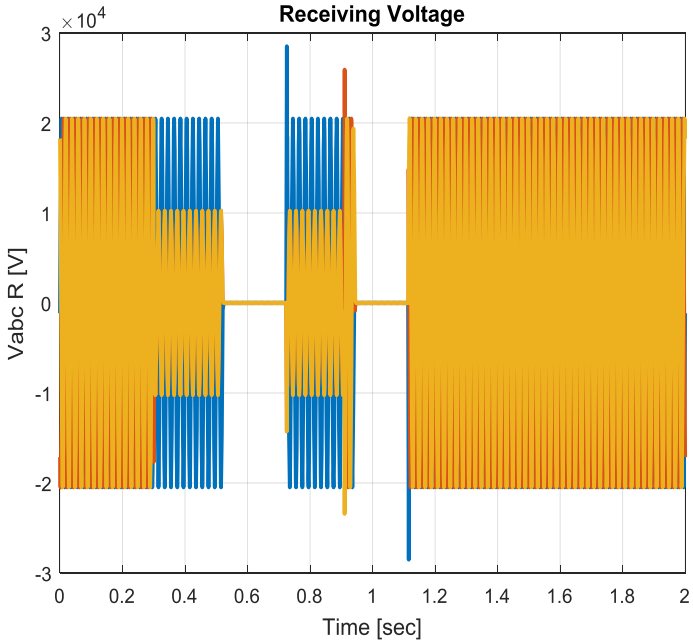
الشكل (17) تيار المنبع

من جهة الحمل:

نلاحظ من الشكل (19–18) انخفاض التوتر والتيار عند حدوث العطل من جهة الحمل، وذلك في اللحظات التي سيتحسس المتحكم فيها للعطل، ومن ثم إعطاء الأمر للحماية المسافية من أجل فصل العطل وبالتالي غياب التغذية عن الحمل، والتأخر في فصل العطل يعود إلى التأخير الزمني الذي وضعنا في معيد الاغلاق الآلي الذي أعطى أمر الفصل بالزمن 0.5 ثانية.



الشكل (18) التيار المغذي للحمل



الشكل (19) التوتر القادم للحمل

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

تشير نتائج الدراسة التطبيقية إلى أن استخدام المنطق الضبابي في التحكم بالحماية المسافية قلل زمن غياب التغذية عن الحمولة، إذ في حال غياب نظام التحكم كان استمر الفصل حتى إجراء صيانة يدوية لمكان العطل وهذا يتطلب العديد من المهام التي تتطلب وقتاً كبيراً.

كما أن معيد الإغلاق الآلي قلل زمن الفصل بدوره حيث أنه كل فترة يقوم باختبار زوال العطل بالتالي التقليل من فترة الفصل وتزداد الدقة بتقليل زمن التأخير لمعيد الإغلاق الآلي.

التوصيات:

- نوصي بتطبيق نظم أخرى للذكاء الصنعي أو ربما تكامل أكثر من نظام.
- نوصي بتطبيق هذه النظرية على حمايات أخرى لتبيان جدواها على اختلاف نوع الحماية.
- تطبيق مبدأ الحل على أجزاء مختلفة من الشبكة الكهربائية (منبع – حمل – محول).

References:

[1]. **jelani, mahmoud al.** *electrical protection system.* cairo : faculty of engeneering-cairo university, 2019.

[2]. *DISTANCE RELAYS FUNDAMENTALS* . **J. G. Andrichak, G.E. Alexander.** GE Power Management.

[3]. M. Daashtdar, "**Improving the performance of distance relays in the protection of short transmission lines based on the current estimation of the line end",** U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 83, Iss. 1, 2021

[4]. G. Ziegler, "**Numerical Distance Protection Principles and Application**", Siemens, fourth Edition, 2011

[5]. Fedák, V., Balogh, T., & Záskalický, P. Dynamic simulation of electrical machines and drive systems using MATLAB GUI. In InTech eBooks. 2012

[6]. Negnevitsky, M. "Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems". Pearson Education - 2005

[7]. *Design of Fuzzy Logic Based Relay for Distance Protection.* **Adedayo Kayode Babarinde, Philip Adesola Adewuyi, and Adefemi Adekunle.** s.l. : FUOYE Journal of Engineering and Technology, , 2017, Vols. olume 2, Issue 2.